압축토양의 투수성과 수도생육 및 수확량에 관한 연구

A Study on the Effect of the Permeability to Yield Weight of Paddy Rice on the Compressed Soil

조 형 용,※ · 노 연 호※※

Hyong Yong Cho · Yion Ho Noh

Summary

The aim of this study was to bring light on the effect of permeability to yield weight of paddy rice on the compressed soil.

a) The percolation volume during the growth of paddy rice reduced, while the degree of compression on soil column increased and varied by the evaporation and absorption volumn.

b) The percolation volume in the natural soil column was notably low compared with that of in the artificial and had little influence to the variation of permeabilty by compression.

c) The results in growth of paddy rice were best on the section of low compression and the yield weight reduced, while the degree of compression on the soil column increased.

d) The relationship between the yield weight and percolation volumn, under the condition when percolation volume is 1 mm/day, had little difference in the yield weight but immediately reduced under 0.5~1.0mm/day.

The consequences of investigation are not so perfect, but have done my best to get some new data for effect on additional yield by inquiring into influences of permeability to the yield weight ofpaddy rice on compressed paddy field. I will have a great pleasure if treatise helps investigaters or the men of affairs in this field.

※ 춘천농업고등학교

※※ 강 원 대 학

Ⅰ. 서 론

농업근대화 작업에 따라 우리나라의 농업은 급진적 발전을 보게되어 농업의 제반 여건이 인력, 축력의 영농방식에서 탈피하여 점차 기계화방향으로 전환되고 있으며 특히 동력경운기나 Tractor의 이용률이 높아가고 있다.

무릇 농업의 기계화는 노동의 생산성 및 토지의 생산성을 높이는 생산적 수단이기는 하나 토지기반정비와 기계화 재배의 진전에 따라 일반적으로 논 토양의 토층은 압축을 받아 점차 토양의 투수성은 변화되리라 생각된다. 그런데 논 토양의 투수성은 관개기 용배수의 설계 및 관리면에 있어 매우 중요한 요소이며 비관개기에 있어서도 기계의 주행성 또는 이 작의 배수 관리 등에 있어 밀접한 관계가 있다. 뿐만 아니라 토층의 경화로 일어나는 투수성의 변화는 수도생육 및 수량에 영향

을 미치리라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 논 토양에 있어 토층의 압축으로부터 일어나는 투수성의 변화와이로 인한 수도생육및 수량에 미치는 영향을 구명하므로서 증수효과를 위한 새로운 자료를 얻고저 한다.

Ⅱ. 시험재료 및 방법

1. 사용재료

가. 공시토양 및 수도품종

(1) 본 시험에 공시된 토양은 춘천농업고등학교 실습포장(작토)을 택하였으며 그의 토성 및 토질은 상기표에서와 같이 경식토이며 산성은 5.6이고 유기질은 2.15%로서 우리나라 일반답토양과 비슷한 성질을 갖었다.

표-1 공시토양의 토성 및 토질

토성	입도분석 (%)				산도	OM	Ava P_2O_5	SiO_2	치환성양이온(me/100g)			
	Sand		Silt	Clay	(pH)	(%)	(ppm)	(ppm)	K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}
	C.O	F.S										
경식토	5.4	12.3	40.7	41.6	5.6	2.15	64	62	0.32	0.12	3.24	1.27

(2) 공시품종은 통일(IR 66.7, 수원 214호) 을 택하였다.

나. 채토기 및 토층시험기

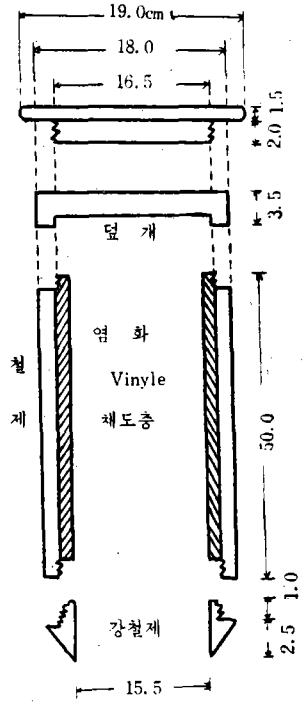


그림 1. 채토기

(1) 채토기는 타입식으로 그림 1 과 같이 직경 15.5cm, 그림 채토기 높이 50cm 의 염화Vinyle관의 채토통을 썼다.

(2) 토층 시험기는 그림 2 와 같이 다음 4 개의 중요 부분으로 되어 있다.

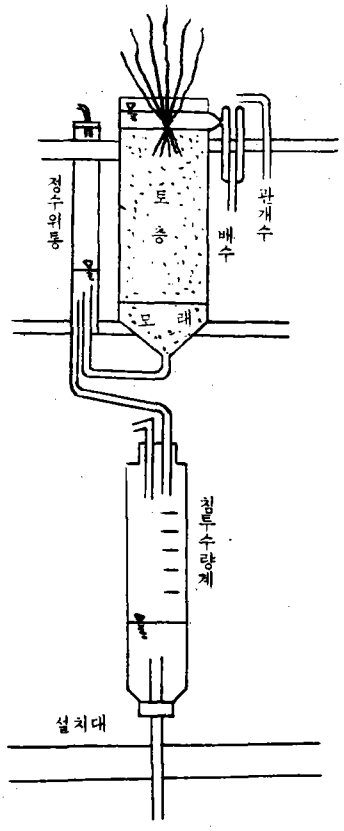


그림 2. 토층시험기

(가) 토층통(염화 Viryle 관으로서 경직15.5cm 높이 50cm)

(나) Over-flow 형 (일류형) 급수장치 및 하부 Rod 부

(다) 침투수량 측정부(정수위통 및 수량계)

(라) 설치대

2. 시험방법

가. 토층 및 시험구 처리

(1) 인공토층 : 반습상태(50%)의 시료를 3mm 체로쳐서 채토통에 채웠으며 토층의 압축은 다짐시험 K. S. F 1312의 A-1의 방법으로 Proc tor의 표준다짐시험법[18,19]에 준해 Rammer 중량 2.5kg 을 사용하였고 층의 두께는 5cm 마다 시료를 넣어 채웠다. 또한 기 측정된 다짐시험 결과를 참고로 하여 소요의 가비중 및 경도를 가질수 있도록 함수비를 조절 하였으며 다음 표 2 와 같이 채워 다짐하였다.

표-2 인공토층의 처리

구분 / 공시토양	압축상태	층의두께 (cm)	건토중량 (kg)	함수비 (%)	가비중 (gr/cc)	토양경도 (mm)	Rammer 하락고 (cm)	Rammer의 하락회수 (회)
경	저	40	6.02	27.4	0.77	10~12	손다짐	—
식	중	40	6.85	27.4	0.89	21~23	15.25	20
토	고	40	8.17	27.4	1.04	28~30	30.50	55

(2) 자연토층 : 채토기(그림 1)를 이용하여 현지의 토층구조상태를 유지한 채로 깊이 45cm 의 토층을 염화 Vinyle 통에 채토 하였으며 타입에 의한 토층의 압축은 0.5~1.0cm 였고 채토된 토층을 Rammer 로서 표 3 과 같이 다짐하여 채웠다.

이 때 강 압축구에는 벼 뿌리의 활착을 돕기 위하여 작구를 보충하였다. 또 채토된 시료통은 곧게 수심 45cm 의 수조에 담가 포화상태로 하였다.

표-3. 자연 토층의 처리

구분 / 공시토양	압축상태	압축방법	압축정도 (cm)	현지함수비 (%)	가비중 (gr/cc)
경식토	저	채토시 타입에 의한 압축	0.5~1.0	75.4	0.77
	중	Rammer 의한 다짐	1.5~2.0	75.4	0.88
	고	〃 〃 〃	2.0~3.0	75.4	0.88

3) 시험구 처리 : 6처리 3반복으로 18개의 염화 Vinyle 통에 시료를 채워 다음과 같이 처리하였다.

◇ 처리내용

- A_1-1, A_1-2, A_1-3 : 손다짐에 의한 인공토층 저 압축구
- A구 (인공토층)
  - A_2-1, A_2-2, A_2-3 : Rammer 다짐에 의한 인공토층 중 압축구(20회)
  - A_3-1, A_3-2, A_3-3 : Rammer 다짐에 의한 인공토층 고 압축구(55회)
- B구 (자연토층)
  - B_1-1, B_1-2, B_1-3 : 채토시 타입에 의한 자연토층 저 압축구
  - B_2-1, B_2-2, B_2-3 : Rammer 다짐에 의한 자연토층 중 압축구
  - B_3-1, B_3-2, B_3-3 : Rammer 다짐에 의한 자연토층 고 압축구

나. 시험구(시료통)의 배치

(1) 염화 Vinyle 통에 가압 처리한 토층통은 각기 토층시험기(그림 2)의 Rod 부에 장치하고 정수위통에 물을 보급한 채로 토층통에 물을 보급하여 하층에서부터 모관 포화토록 하였다.

(2) 시험기에 부착한 토층통은 버제배를 위하여 반습상태의 작토를 5cm 정도 채우고 N, P_2O5, K_2O의 비료를 1통당 0.2g씩 시용하였으며 여기에 표 4와 같은 묘를 1통당 1포기에 3본씩 6월 15일에 이식하였다.

표-4. 공시된 묘(苗)의 생육 상태

품 종	초 장 (cm)	엽 수 (매)	분 얼 수 (개)	건 물 중 (gr)	묘 엽 색	비 고
통일(수원 214호)	23.0	8.2	1.5	0.6	농(濃)	45일 육묘

(3) 담수심은 항상 3cm 를 유지토록 유수구에 정수위관을 설치하여 overflow 방법에 의해 토층통을 흐르도록 하였다.

(4) 침투수량은 5ml 눈금의 침투수량계로서 측정하였으며 수도 이양후 전 생육기간에 계속 오전 10시와 오후 4시, 2회에 걸쳐 측정하였다. 또한 담수면과 배수관의 수위차는 38cm 로서 동 수구배는

1.18($i=\frac{l}{h}=\frac{45}{38}$)이였다.

3. 생육기간 중 기상

생육기간 중 기상관측은 본 실험포장에서 약 500m 떨어진 춘천측후소에서 관측한 자료를 인용하였으며 기온 강우일조등 중요기상을 평년기상과 비교하였는데 표 5에서 보는 바와 같이 기온은 평년에 비해 평균 22.6°C 낮으며 일조시수는 총 994.8 시간으로서 92.9 시간이 많았고 강우량은 총 1,223.3mm 로서 평균 19.8mm 많았으며 특히 8월에 있어 782.5mm 라고 하는 많은 양의 집중폭우가 있었으나 작황에 별로 지장이 없었다.

4. 조사항목 및 방법

가. 침투량 조사

토층시험기에 달려 있는 5ml 눈금의 침투수량계로서 전 생육 기간에 걸쳐 오전 10시와 오후 4시, 2회 측정 하였다.

표-5. 생육기간 중 기상표

월별	구분 대비 / 순별	평균기온(C°) 본 년	평균기온(C°) 평년비	최고기온(C°) 본 년	최고기온(C°) 평년비	최저기온(C°) 본 년	최저기온(C°) 평년비	일조시간(시간) 본 년	일조시간(시간) 평년비	강우량(mm) 본 년	강우량(mm) 평 년 비
5	상	16.2	0.1	22.6	−0.5	9,8	0.4	73.0	−5.2	20.1	−21.6
	중	15.6	−2.0	21.3	−3.4	9.7	−0.9	92.1	12.1	19.8	11.2
	하	15.9	−2.3	22.1	−2.4	9.6	−1.5	81.4	8.2	28.1	−0.5
	평균계	15.9	−1.4	22.0	−2.1	9.7	−0.7	246.5	15.1	68.0	−10.9
6	상	22.4	−2.7	29.7	4.0	15.3	0.9	67.2	−5.3	0	−34.7
	중	22.5	1.7	26.7	0.1	15.4	−0.5	58.4	−6.7	31.6	14.6
	하	22.3	−0.2	28.0	−0.1	17.2	−0.6	53.1	−7.7	1.9	−67.1
	평균계	21.7	0.2	23.1	−3.7	16.0	0	179.7	−18.7	33.5	−87.2
7	상	24.2	2.0	28.1	1.5	20.9	2.3	33.3	−7.4	98.7	−4.1
	중	24.8	0.8	31.7	3.2	18.8	−2.0	104.7	60.8	3.3	−174.6
	하	27.7	−3.5	33.5	3.1	22.9	0.3	84.1	40.0	51.7	−83.2
	평균계	25.6	1.8	31.2	2.7	21.0	0.3	222.1	93.4	153.7	−261.9
8	상	24.4	−1.1	27.7	−2.3	21.9	−0.4	22.1	−20.2	322.0	184.0
	중	22.4	−1.8	28.0	−0.9	18.4	−2.2	61.0	14.3	325.9	195.5
	하	20.0	−3.5	25.1	−3.2	15.4	−4.3	59.9	3.7	137.3	67.8
	평균계	22.2	−2.2	26.9	−2.2	18.5	−2.4	143.0	7.8	785.2	447.3

9	상	18.3	-2.6	23.1	-2.9	14.0	-3.1	40.8	0.2	86.5	-27.8
	중	18.7	0.2	24.2	-1.1	14.9	1.5	54.0	-12.0	3.5	-46.4
	하	14.5	-2.0	21.1	-1.6	9.3	-2.3	61.8	5.8	28.4	6.1
	평균계	17.2	-1.4	22.8	-2.1	12.7	-1.4	156.6	-6.0	118.4	-68.1
10	상	14.4	1.2	21.3	0.4	9.6	1.9	53.3	-8.1	23.5	7.7
	중	12.5	0.5	20.3	1.1	6.1	-0.2	75.1	10.1	11.3	-6.0
	하	9.3	-0.4	15.5	-1.3	3.1	-0.6	61.5	-0.7	29.7	-1.1
	평균계	12.0	0.4	18.9	-0.1	6.2	0.3	189.9	1.3	64.5	0.6

나. 생육조사

(1) 초장 : 활착기로부터 출수기까지 5일간격으로 계속 측정하였다.

(2) 분얼수 : 1포기당 총경수를 조사하였다.

(3) 생체중 : 수확과 동시에 뿌리의 무게를 측정하였다.

(4) 길이 : 수확후 한포기의 뿌리중 가장 긴것을 측정하였다.

다. 수량조사

(1) 예전중량 : 지상부 수확물의 전수량이며 각 포기당 무게를 측정하였다. (함수율 15%, "Lister Ⅱ"가 사용)

(2) 정조중량 : 1포기당 정조 무게

(3) 비립중 : 1포기의 비립의 무게

(4) 고중 : 1포기의 짚의 풍건중량

(5) 천립중 : 정조 1,000립의 무게로서 3회 측정의 평균치

(6) 조고비율 : 정조중대 고중의 백분률 등을 조사하였다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

1. 침투수량의 시기적 변화

벼는 생육기간중 그 뿌리에 의해 토층 내부의 수분(침투수)을 흡수하기 때문에 생육기간중 참된 토층의 투수계수란 구하기 어렵다.[10][14] 그러므로 각 시기별 침투량은 Darcy의 법칙을 적용하여 산출하였다.

인공토층에 있어서의 침투량은 일반으로 압축의 크기가 증가함에 따라 감소되고 있으며 시기적으로 대략 변화의 양상을 달리하였다. 표 6 및 그림 3에서 보는 바와 같이 압축량이 적은 압축구에서는 (경도지수 11mm) 일당침투량이 약 20mm/day였으며 6월 하순에서부터 7월상순에는 9~11mm/day의 비교적 적은 값을 나타냈다. 그러나 7월 중순에 접어들면서 약간 증가의 경향을 나타냈고 8월에 있어 가장 많았고 9월 이후엔 차차 감소됨을 보였다

이와같이 시기적 변화에 있어 6월 하순부터 7월의 침투량 감소는 벼의 중 산발량이 많고 뿌리의 흡수량이 왕성한데 기인된 것이라 생각되며 9월 이후의 침투량의 저하는 토양의 산화 환원의 진행에 따른 물 통로의 축소에 의함이 아닌가도 생각된다.[5] 또한 중 압축구(경도지수 22mm)에 있어서의 일당 침투량은 약 8mm/day로서 비교적 적은 값을 나타냈으며 고 압축구(경도지수 29mm)에서는 약 3mm/day의 적은 값을 나타냈다.

한편 압축별 평균 침투량의 유의성을 살펴보면 표 7에서 보는 바와 같이 압축별 각 처리구간에는 1%

표-6 처리별 일당 침투량의 변화 (mm/day)

토층 \ 월별 순별 / 압축		6	7			8			9			10		평균일당 침투량
		하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	
인공	A_1	9.23	11.07	17.83	18.10	27.30	28.06	26.35	22.86	20.96	17.40	18.80	19.23	19.77
	A_2	9.20	10.23	10.70	10.32	9.13	10.33	9.70	4.10	4.80	4.21	4.90	6.85	7.87
	A_3	7.23	5.16	4.96	4.10	1.16	1.53	2.00	3.00	0.70	0.48	1.40	2.14	2.82
자연	B_1	3.10	2.96	1.57	0.70	0.40	0.43	1.50	0.23	1.00	0 23	1.60	1.47	1.24
	B_2	0.85	1.76	1.80	1.80	0	0	0.30	0	0	0	0.63	0.65	0.65
	B_3	0	0.20	0.17	0.10	0.02	0	0	0	0	0	0.06	0.07	0.05

의 고도의 유의성이 인정되였으며 이 사이 최소 유의차는 1.07mm/day 였다.

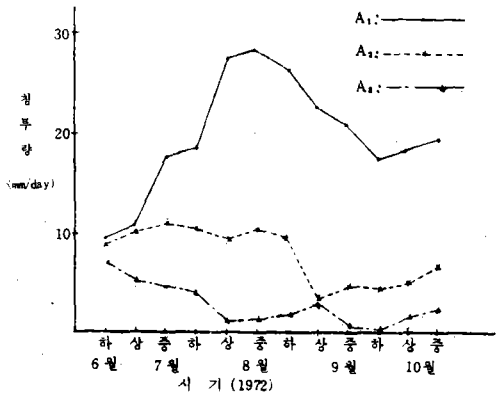


그림 3. 인공토층의 침투량 변화

표-7 **침투량 및 유의성**

처 리	평균침투량(mm/day)
A_1	19.77
A_2	7.87
A_3	2.82
LSD(0.01)	1.07

또 시기별 침투량의 변화를 보면 7.8월 양기가 침투량이 가장 많고 9월부터 점차 적어지기 시작하였는데 특히 7, 8월 야간에 있어서는 오히려 시험기에 장치한 정수위 관내의 물을 토층에서 빨아 들이는 현상이 일어났다.

자연토층에 있어서의 침투량을 인공토층에 비해 투수성이 현저히 나쁘며 압축에 의한 투수성의 변화에는 큰 영향이 없는 것으로 생각된다. 원래 자연토층은 Rammer에 의한 강한 다짐에서도 그의 다짐은 표층에서만 이루어진 것이며 일반으로 자연토층은 그 투수성이 나쁜 것으로 생각된다. 압축별 일당 침투량을 보면 표 6 및 그림 4 에서 보는바와 같이 압축량이 적은 저압축구에서는 평균 1.2mm/day의 낮은 침투량을 나타내고 있으며 중압축구에서는 평균 0.65 mm/day, 고압축에서는 평균 0.05mm/day의 아주 적은 침투량을 나타냈는데 이들 사이 유의성은 인정되지 않았다. 또한 중 압축구와 고 압축구에서는 8월 중순에서부터 9월 하순에 이르기까지 침투량은 계기에 나타나지 않았으며 인공토층 고 압축구에서와 같이 오히려 시험 기정수위관에 유출된 물을 토층 방향으로 흡수하는 현상이 일어났다. 이 같은 정수위관으로부터의 흡수 현상은 고 압축인 경우 즉 투수가 나쁜 토층일수록 심하게 나타났으며 표 8 및 그림 5

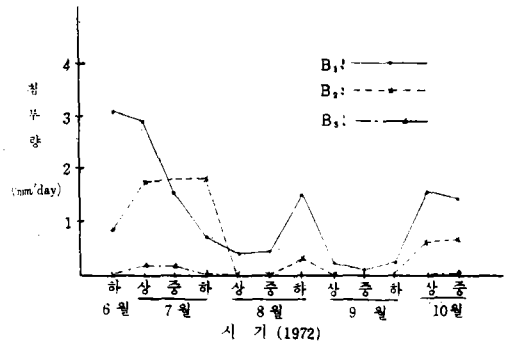


그림 4. 자연 토층의 침투량 변화

에서 보는 바와 같이 자연토층 쪽이 인공토층 보다도 정수위관으로부터 흡수하는 물의 양이 많음을 나타내주고 있다. 즉 인공토층 고 압축구에서의 흡수량은 평균 0.32mm/day인데 비하여 자연토층 압축구에서

표-8. **하층으로부터의 물 흡수량** (mm/day)

토층 \ 조사월일 / 처리		9. 8	9. 10	9. 12	9. 14	9. 16	9. 18	9. 20	9. 22	총 계	평 균
인공	A_3	0.64	0.41	0.37	0.16	0.51	0.14	0.23	0.10	2.56	0.32
자연	B_2	0.52	1.06	1.02	0.76	0.42	1.02	0.74	0.34	5.84	0.73
	B_3	1.21	1.66	1.48	1.33	0.87	1.12	0.19	0.31	8.17	1.02

는 0.73~1.02 mm/day 로 대략 2~3 배의 수치를 나타내 주고 있다. 이같은 정수위관으로부터의 흡수현상은 벼 뿌리 부근에서 생기는 침투량보다 벼 뿌리에서 흡수하는 수량이 많기 때문이다. 곧 투수불량에 의한 관개수의 공급과 작불(수도) 흡수 사이에 물 수급상의 불균형임을 나타내 주고 있다. 그러나 이 같은 투수성 격감에 의한 하방으로부터의 물의 상승 이동은 단순한 작물의 증산 흡수에만 의한것인지, 또는 지온의 저하로 인한 토층내의 공기용적의 수축에서 역류하는지는 금후 다시 검토하여야 할 중요한 문제

라 생각된다.

山崎(1959)[14]는 벼의 흡수와 침투량의 관계에서 벼 뿌리의 흡수에 따라 일어날 토층중의 동수구배는 토층 상면으로부터 뿌리가 뻗어있는 주위 사이의 토

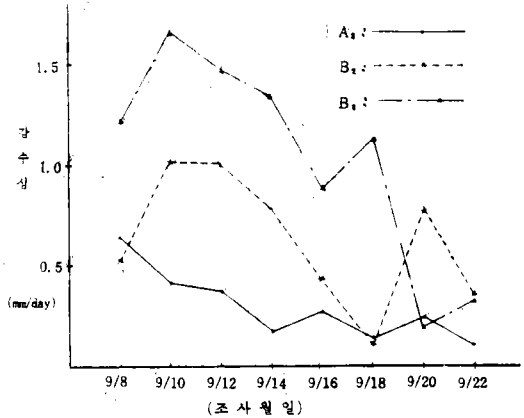


그림 5. 정수위관으로부터의 물의 흡수량 변화

층에서는 중대 하지만 뿌리가 뻗지 않는 하층에서는 역으로 감소되는 것이라 보고하였다. 즉 증산으로 인

Q_r : 뿌리주위의 침투량

Q_{br} : 뿌리가 뻗지 않은 하층에서의 침투량

Q_{nt} : 증산흡수가 없는 경우의 침투량

q : 뿌리의 흡수량

l : 토층의 두께

l_n : 토층 상면으로부터의 흡수장소까지의 거리식 (2)에서 알 수 있는 바와 같이 뿌리 하층에서의 침투량 Q_{br}는 침투계수가 일정(Q_{nt}=cont) 하다고 가정할때 증산량 q가 증가함에 따라 오히려 감소된다, 또 역으로 q가 일정할 때의 Q_{br}는 토층의 투수성 Q_{nt}에 의해서 결정된다. 따라서 수도생육하의 침투량은 식물증산의 시기적 변화에 대응하여 변화하고 작물이 없는 경우의 침투량은 그 토층의 투수계수와 동수구배에 의해 결정된다고 생각된다. 그러나 논 토양에는 토양의 산화환원의 저하라든가 Gas의 발생 구조의 변화 등으로 투수성은 반드시 일정하다고 생각되지는 않는다. 더욱 증발산량은 시기적으로 변화되며 뿌리의 흡수 개소도 변하기 때문에 침투량의 시기적 추정은 간단히 결정 짓기가 어려운 문제라 생각된다.

표-10. 처리별 생육상황

토층	구분 / 생육기 / 생육 / 압축	초장 및 분얼 활착기 초장 (cm)	활착기 분얼수 (개)	분얼기 초장 (cm)	분얼기 분얼수 (개)	유수분화기 초장 (cm)	유수분화기 분얼수 (개)	감수분열기 초장 (cm)	감수분열기 분얼수 (개)	출수기 초장 (cm)	출수기 분얼수 (개)	뿌리생육 생체중량 (gr/주)	뿌리생육 길이 (cm)
인공	A_1	24.3	2.4	49.2	11.3	58.4	11.3	62.7	11.3	70.3	11.3	47.2	39.0
	A_2	24.4	2.5	47.4	10.9	56.3	10.9	62.4	10.9	69.4	10.9	46.9	37.2
	A_3	24.1	2.3	47.5	11.0	56.6	11.0	62.0	11.0	68.2	11.0	32.8	33.1
	계	72.8	7.2	144.1	33.2	171.3	33.2	187.1	33.2	207.9	33.2	126.9	109.3
	평균	24.2	2.4	48.0	11.1	57.1	11.1	62.3	11.1	69.3	11.1	42.3	36.4
자연	B_1	24.6	2.6	48.7	11.4	55.2	11.4	61.8	11.4	66.1	11.4	38.4	40.1
	B_2	24.2	2.4	47.4	11.2	54.3	11.2	61.7	11.2	64.9	11.2	35.9	36.3
	B_3	23.9	2.2	47.2	11.0	55.1	11.0	61.9	11.0	63.2	11.0	24.7	32.0
	계	72.7	7.2	143.3	33.6	164.6	33.6	185.4	33.6	194.2	33.6	99.0	108.4
	평균	24.2	2.4	47.7	11.2	54.9	11.2	61.8	11.2	64.7	11.2	33.0	36.1

른 차이는 거의 없는 것으로 생각되며 최고분얼수가

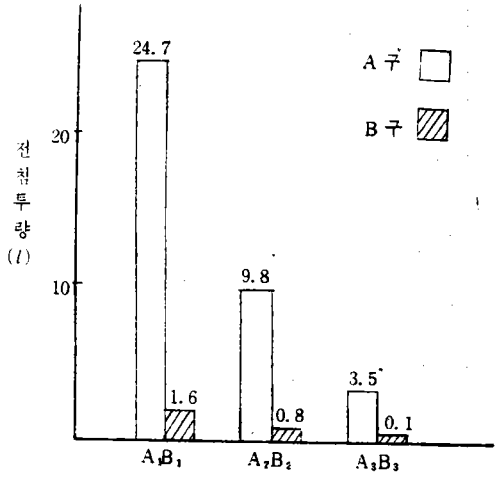


그림 6. 처리별 침투량

인공토층은 평균 11.1개 자연토층은 11.2개로서 비슷하게 나타났다.

한편 초장을 살펴보면 일반으로 저 압축구에서 고 압축구로 갈수록 초장을 짧은 경향을 나타냅으며 또한 인공토층의 최대 평균초장이 69.3cm인데 비해 자연토층은 64.7cm로서 인공토층 보다 6.6%의 짧은 경향을 나타냈다. 그러나 이들 사이 곧 토층별, 압축에 따른 유의성은 인정되지 않았다.

(2) 뿌리의 생체중 및 길이

처리별 뿌리의 생체중 및 길이를 보면 표 10 및 그림 7 에서 보는 바와 같이 인공토층에서의 생체중은 평균 42.3gr로서 자연토층의 평균 생체중 33.0gr 보다 약 22% 높았으며 일반으로 압축량의 증대에 따라 뿌리의 생체중은 감소되는 경향을 나타냈다

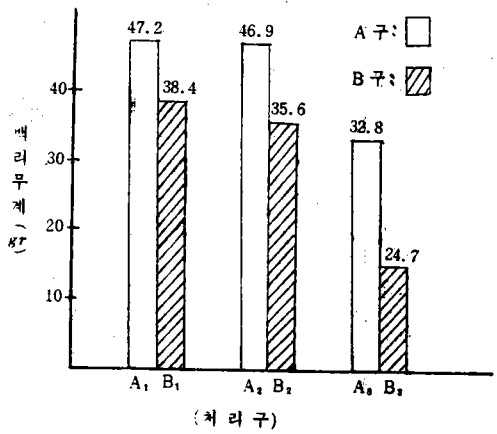


그림 7. 처리별 뿌리의 생체중량

한편 압축별 인공토층에서의 유의성을 살펴보면 표 11과 같이 최소유의차는 4.27gr로서 고 압축구와 저 압축구 간에 1%의 고도의 유의성이 인정되었고 타 처리구 간엔 인정되지 않았다. 따라서 뿌리의 무게는 토양압축에 유의적인 피해를 가지며 압축 증가에 따라 생체중은 감소된다고 하겠으며 이러한 사실을 寺沒, 上田(1970)[11]의 연구결과와도 일치하고 있는 것이다.

토층별 압축량에 따른 뿌리의 생육을 보면 표 10에서와 같이 인공토층을 평균 36.4cm, 자연토층을 36.1cm로서 비슷한 값을 가지나 역시 압축량의 증대에 따라 뿌리의 생장을 장해를 받음이 현저하게 나타나고 있다.

인공토층에서 보면 저 압축구가 39.0cm로서 가장

표-11. 뿌리의 생체중량 및 유의성

처 리	평균 생체중량 (gr)
A_1	47.2
A_2	46.9
A_3	32.8
LSD(0.01)	4.27

표-12. 뿌리 길이와 유의성

처 리	평균 뿌리 길이(cm)
A_1	39.0
A_2	37.2
A_3	33.1
LSD(0.01)	3.71

길게 자랐으며 고 압축구는 33.1cm로서 가장 짧게 자랐다. 자연토층에 있어서도 저 압축구는 40cm로 고 압축구에 비해 20% 증가를 보였으며 압축에 따른 뿌리생장의 유의성을 살펴보면 표 12에서와 같이 고 압축구와 저 압축구 사이에는 1%의 높은 유의성이 인정되었고 타 처리구간에는 인정되지 않았다. 따라서 토층의 압축량 증대는 수도생육에 있어 유의적인 피해를 가져오며 특히 뿌리 생육에 있어 저해됨을 알 수 있다.

滝嶋(1969)[16]는 토양경도와 벼 뿌리의 기계적 장해에 관한 연구에서 벼 뿌리 장애를 토양에 따라 다르나 대체로 충적토양에서는 경도지수 15mm에서부터 저해를 받기 시작하여 23mm 이상에서는 정지한다고 보고하였는데 본 실험에 있어서도 이상의 연구 보고와 일치하고 있다.

나. 수확량

(1) 정조중량

토층 및 압축에 따른 정조량의 변화를 보면 표 13 및 그림 8에서 보는 바와 같이 일반으로 자연토층에 비해 수량이 저하되고 있으며 또한 어느 토층에 있어서나 압축량이 큰 고 압축구일수록 수량이 감소되는 경향을 보였다.

표-13. 처리별 수확량 조사 (gr/주)

토층 \ 구분 / 투축		예전중량	정근중량	구립중량 (쭉정이)	고중(짚)	천립중량	조고비율 (%)
인공	A_1	66.3	32.6	1.2	29.8	26.4	109.4
	A_2	64.0	31.9	1.0	31.1	26.2	102.5
	A_3	59.7	29.1	1.1	29.5	26.0	98.6
	계	190.0	93.6	3.3	90.4	78.6	310.5
	평 균	63.3	31.2	1.1	30.1	26.2	103.5
자연	B_1	44.7	20.8	1.3	22.2	24.7	93.7
	B_2	48.1	22.0	1.2	24.9	23.9	92.1
	B_3	47.7	20.0	1.1	24.5	24.3	82.3
	계	140.5	62.8	3.6	71.6	72.9	268.1
	평 균	46.8	20.9	1.2	23.9	24.3	89.7

인공토층에 있어서의 수량을 보면 저 압축구가 1주정조중량 32.6gr로서 가장 성적이 좋았고 고 압축구가 29.1gr로 가장 성적이 떨어지며 역시 압축의 증가에 따라 수량은 감소됨을 보였다.

한편 토층의 압축에 따른 1주정조중량에 대한 유의성검정(분산분석) 결과를 표 14와 같으며 표에서 보는 바와 같이 고압축구와 중 압축구, 고 압축구와 저 압축구 사이에는 5%의 유의성이 인정되었고 타 처리구 간에는 인정되지 않았다.

또한 처리간 평균치를 비교하기 위하여 t 검정법에 의하여 LSD t검정(최소의유의차)을 다음과 같이 실시하였는데 이때의 최소유의차를 0.89gr이었다.

따라서 인공토층에 있어서의 토층의 압축은 정조중

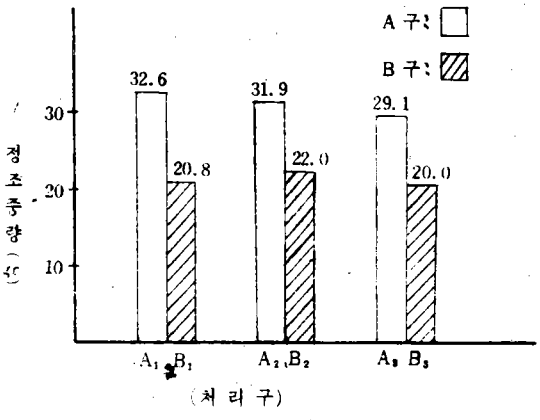


그림 8. 처리별 정근량

표-14 분산 분석표 정조 중량

요 인	$d.f$	$S.S$	$M.S$	F	F_4^2 (0.05)	비 고
전 체	8	22.72				
처 리	2	20.58	10.29	10.88**	6.94	$F>F^2_4(0.05)$
반 복	2	1.72	0.86			
오 차	4	0.42	0.10			

$$즉\ L.S.D=t_{0.05}(d.f\ 4)\cdot S_d=t_{0.05}(d.f\ 4)\sqrt{\frac{2S^2}{r}}$$

$$=2.78\times\sqrt{\frac{2\times0.102}{2}}=0.89$$

표-15. 정조중량 및 유의성

처 리	평균정조중량(gr)
A_1	32.6
A_2	31.9
A_3	29.1
LSD(0.05)	0.89

량에 유의적 피해를 주어 압축량의 증가에 따라 정조중량에 감소를 가져오게 하며 이와같은 사실을 일본 寺沢, 上田(1970)[11] 등의 연구결과와 일치됨을 알 수 있다.

자연토층에서의 정조중량을 보면 평균정조중 0.9gr로서 인공토층 31.2gr에 비해 33.0%의 현저한 감소차를 보였다. 그런데 이 토층에서의 초기생육을 매우 양호한 것으로 인공토층과 비교할 때 생육면에서의 차는 보이지 않았으나 생육 후반에 이르러 추락현상이 일어났다.

寺沢(1970)[12]은 특수성이 불량한 토층에서는 작토층의 강환원으로 F^{++}의 용출이 현저하여 추락현상이 일어난다고 보고되였는데 본 실험에서도 자연토층은 인공토층에 비해 특수성이 불량했으며 생육후반에 추락현상이 일어났다. 따라서 자연토층에서의 정조량의 감소는 이러한 특수불량에서 오는 추락현상에 기인된 것이라 생각된다. 또한 자연토층에서의 압축량에 따른 정조중량의 차를 보면 저 압축구는 20.8gr, 고 압축구는 20.0gr로서 약간의 중량차는 있으나 이들의 유의성을 인정되지 않았다.

(2) 고중 및 조고비율

처리별 1주고중을 보면 표 13 및 그림 9 에서와 같이 인공토층은 평균 23.9gr로서 20.6% 낮은 값을 나타냈으며 각 토층별 압축량에 따른 유의성은 인정되지 않았다.

또 정조중량 대 고 중량의 비율 즉 조고비율은 표 13 및 그림 10에서와 같이 인공토층이 평균 103.5%인데 비해 자연토층은 평균 89.7%로 매우 적은값을

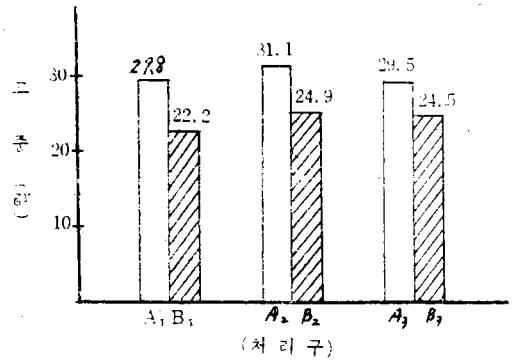
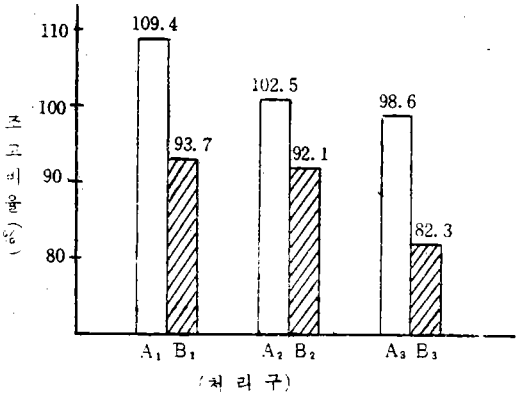


그림 9. 처리별 고중

나타냈다. 또한 각 토층에서의 압축량에 따른 조고비율은 어느 토층이나 압축량의 증대에 따라 점차 비율은 낮았으며 인공토층에 있어서는 저 압축구가 98.6%로 가장 낮았다. 한편 압축량에 따른 유의성을 살펴보면 표 16와 같이 최소 유의차 0.77%로서



고림 10. 처리별 조고비율

고 압축구와 중 압축구, 고 압축구와 저 압축구간에 1%의 높은 유의성이 인정되었고 타 처리구 간엔 인정되지 않았다.

자연토층에서는 저 압축구가 93.7%로서 가장 높고 고 압축구는 82.3%로 가장 낮으며 표 17에서와 같이 최소 유의차는 2.10%로서 고 압축구와 중 압축구, 고 압축구와 저압축구 간에 1%의 유의성이 인정되었다.

표-16. 조고비율 및 유의성

처 리	평균조고비율 (%)
A_1	109.4
A_2	102.5
A_3	98.6
LSD(0.01)	0.77

표-17. 조고비율 및 유의성

처 리	평균조고비율 (%)
B_1	93.7
B_2	92.1
B_4	82.3
LSD(0.01)	21.0

따라서 토층의 압축을 조고비율에도 유의적인 관계를 주며 압축량의 증대를 조고비율의 감소를 가져오게 하였다.

(3) 천립중

각 토층별 천립중을 비교해 보면 표 13 및 그림 11에서 보는 바와 같이 인공토층은 평균 26.2gr였고 자연토층은 24.3gr 로서 자연토층이 7.2% 의 감소를 보였다. 또한 각 토층별 압축량에 따른 천립중량은 서로 비슷한 값을 나타내고 있으며 이들 사이 유의성은 인정되지 않았다.

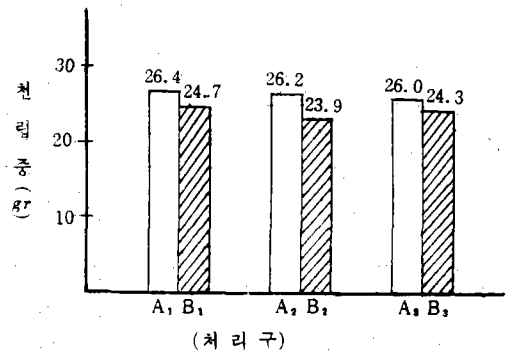


그림 11. 처리별 천립중

(4) 토층경도와 수량지수

토층경도와 수량관계를 살펴보면 표 18 및 그림 12와 같이 정조중량에 있어 경도지수 10~12mm 를 기준으로한 수량지수를 보면 경도 21~23mm 에서는 94.8이고 경도 28~30mm에서는 89.3으로서 경도가 클수록 수량은 감소되고 있으며 일반적으로 경도<23 mm에서는 정조량에 큰 영향이 없으나 경도 25~27 mm에서는 대략 제한을 받으며 28mm 이상에서는 큰 영향이 미친다고 생각된다.

요컨데 압축토양에서 압축별 수도 수량은 압축량이 적은 저 압축구가 가장 성적이 좋았고 압축의 증가에 따라 수량지수는 감소되는 경향을 보였다.

표-18. 경도지수와 수확량지수

처 리 (경도) \ 수 량	수량지수				비 고
	예전중량	정조중량	고 중	천 립 중	
A_1 (10~12mm)	100	100	100	100	경도 10~12mm일 때를 기준
A_2 (21~23mm)	96.5	94.8	104.4	99.2	
A_3 (28~30mm)	90.0	89.3	99.0	98.5	

(5) 수량지수와 침투량

수량지수와 침투량 관계는 그림 13에 나타냈으며 이는 경도지수와 수량지수곡선 및 경도지수와 침투량 곡선을 그려 이 두 곡선으도부터 도식해법에 의하여 침투량과 수량과의 관계를 추정한 것이다. 그런데 이는 측정점수가 적기 때문에 원활법으로 곡선을 그렸으며 따라서 정도는 그다지 좋은 편이 못된다. 이와같은 추정치를 기초로 하여 수도 수량에 미치는 투수성의 영향을 보면 침투량 1mm/day 이상에서는 수량에 대차가 없으나 0.5~1.0mm/day 이하에서는 급격히 저하하는 경향을 보였다. 그런데 0.5~1.0mm/day에 상당하는 절대경도는 20kg/cm² 로서 토양경도에 의한 뿌리에 생장 저해를 강하게 받으며 여기에 투수불량에 의하 산소부족의 영향이 수반된 것으로 생각된다.

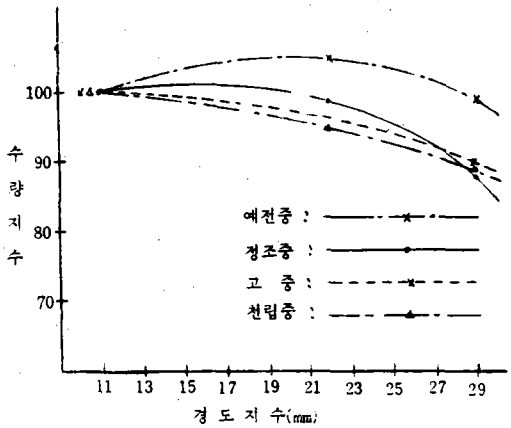


그림 12. 경도지수와 수확량지수

그러므로 토양압축에 의한 뿌리의 신장에 대하는 기계적 장해와 투수불량으로 인한 토양 환원에 의한 악영향은 투수 과다에 의한 양분용탈의 악 영향보다

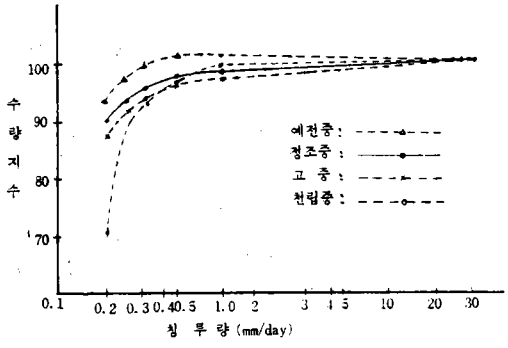


그림 31. 침투량과 수확량지수

도 더욱 심한 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합적으로 고찰해 보면 토양압축으로 인한 침투량의 변화는 토층의 압축이 증가함에 따라 침투량은 감소되고 있었다. 또한 이러한 상태하에서의 수도생육을 보면 초장 및 뿌리의 생육이 불량이며 특히 토양경도 23 mm 에서는 뿌리의 생장장해가 시작되고 동시에 침투량 1mm/day 이하의 투수불량의 악영향을 주어 정조중의 감소, 천립중의 저하 등으로 수량면에서의 큰 영향을 주었다.

그런데 본 실험이 인공적인 토층시기에 의한 실험결과이기 때문에 생육조건이 포장상태와 다르다고 생각되며 따라서 수직 1mm/day 이상의 침투량이 작물생육에 큰 장해가 없다고 단정하기에는 어려우며 금후 더욱 연구 검토하여야 할 문제라고 생각된다.

Ⅳ. 결 론

논 토양에 있어 토층의 압축으로부터 일어나는 투수성의 변화와 이로 인한 수도생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 인공적인 토층시험기(일종의 Lysimeter)를 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수도생육 기간중 침투수량은 토층의 압축이 증대함에 따라 감소되었고 수도의 증산 흡수에 의하여 침투량은 시기적으로 변화하였다.

2. 자연토층의 침투수량은 인공토층에 비해 투수성이 매우 불량했으며 압축에 의한 투수성의 변화에는 영향이 없었다.

3. 압층별 수도생육 및 수량을 보면 압축량이 적은 저 압축구가 가장 성적이 좋았으며 압축의 증가에 따라 수량은 감소되었다.

4. 수확량과 침투량의 관계는 침투량 1mm/day 이상에서는 수량에 대차가 없으나 0.5~1.0mm/day 이하에서는 크게 수량이 저하되었다.

◇ 참고문헌

(1.) 李石贊, 1972 : 흙다짐에 關한 實驗的 硏究, 韓國農工學會誌 14(2) : p69~75.

(2.) 李台現, 1962 : 實驗生物 統計學, 文運賞 : p 96~104.

(3.) 趙伯顯, 1971 : 新制土壤學, 鄕文社 : p 107~111.

(4.) 秦炳益, 1970 : 土質力學, 冶庭文化社 : p 21~23.

(5.) 古良芳夫, 權名幹治, 竹中, 1957 : 浸透が 土壤作物に 及ぼす 影響(Ⅰ),, 農工硏 25(6) : p 339~344.

(6.) _____, 1960 : 浸透が 土壤作物に 及ぼす 影響(Ⅱ), 農土硏 別册Ⅰ : p 8~12.

(7.) 國分櫻 , 增島博, 根本淸 , 1969 : 機械作物が 水田土壤の 透水に 及ぼす 影響, 土肥誌 40 : p 7.

(8.) 東京大學, 農藝化學敎室, 1956 : 實驗農藝化學(上卷), 朝倉靑店(日本) : p 45~46.

(9.) 富士岡義, 五十崎恒, 1955 : 水田狀態土壤の 還元が浸透量に 及ぼ 影響に フにこ, 農土硏究 23 : p368.

(10.) _____, 1958 : 稻の 葉面蒸發量が 浸透に 及ぼす 影響に フいこ, 農土硏 25 : p 271.

(11.) 寺沒四部, 上田和夫, 1970 : 壓縮を うけた 水田土壤の 降下浸透と 水稻生育にフにこ, 農土論文集 34 : p 10~16.

(12.) _____, 1970 : 水田土壤群の 物理ミ學的 特性に 關する 硏究(Ⅵ), 農土論際 33 : p41~47.

(13.) 山崎不 夫, 1958 : 成層土壤の 降下浸透に 關する 硏究, 硏究の 資料と 記錄 6 : p 1~30.

(14.) _____, 1959 : イネの 吸水ほ 水田の 浸透にどんな 影響を 與えるが, 硏究の 資料と 記錄8 : p 15~20.

(15.) 五十崎恒, 1961 : 適正浸透流に フいこ(Ⅱ), 農土硏 25(6) : p 12~15.

(16.) 滝嶋康雄, 久間廣, 1969 : 土壤の 壓縮すょび 硬度が 水稻の 根系發達 ならびに 生育に 及ぼす 影響に 關する 破究農硏報 B21 : p 255~328.

(17.) 測邊隆, 1962 : 土質調査 すよび 土質試驗, 技報堂 : p 68~117.

(18.) Teryagh:. K andR. B. Peck, 1968:SoilMechanics in Engineering practice, Tohon wiley and Sons, Inc:p 36~63, p 440~459.

(19.) Turnbull. w. j. j. R. Compton and R. G. Ahlvin, 1966:Quallty control of compacted Earth work, jounal, A. S. C. E. Vol 92, No Sall.